caile

CDD: 583.24041662

BIOLOGIA FLORAL E MORFOLOGIA POLÍNICA DE *Q. AMARA* L. (SIMAROUBACEAE)

Flávia Cristina Araújo Barata[1]
Léa Maria Medeiros Carreira[2]
Márcia Motta Maués[3]

RESUMO – O estudo descritivo do pólen e da biologia floral de Quassia amara *L. (Simaroubaceae) foi desenvolvido em área de terra firme no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-Pará, durante o período de julho de 1997 a setembro 1998. Esta espécie desempenha importante papel econômico devido ao aproveitamento de seus princípios ativos, que atuam no combate a diversas moléstias e também como inseticida natural. Apresenta-se como planta arbustiva, que a pleno sol floresce durante todo o ano. As flores são bissexuadas, reunidas em inflorescências paniculadas eretas. A antese ocorre por volta das 22 horas e a senescência manifesta-se com 3-4 dias após a antese. As anteras são amarelas, deiscência rimosa, com exposição do pólen entre 11 e 12:30 horas, estando dispostas centralmente circundando o gineceu. O estigma é filiforme e apresenta maior receptividade no ápice. O pólen, juntamente com o néctar é o recurso ofertado pela flor, e apresenta maior viabilidade após a abertura das anteras. Foram registradas visitas esporádicas do beija-flor.* Trigona fulviventris *é a espécie de abelha que visita as flores de* Q. amara *à procura de néctar. É considerada pilhadora e apresenta um comportamento destrutivo na flor. Os grãos de pólen são médios, 3(-4)-colporados, superfície punctada no apocolpo e microrreticulada no mesocolpo. A biologia floral demonstrou que esta espécie apresenta um conjunto de características florais que a torna atraente à polinização ornitófila. Contudo, o fato do polinizador realizar visitas rápidas e esporádicas, não impediu a frutificação no experimento de* Q. amara.

[1] UFRA-Universidade Federal Rural da Amazônia. Av. Tancredo Neves, s/n. Cx. Postal 917. 66077-530, Belém-PA.

[2] MCT/Museu Paraense Emílio Goeldi. Coordenação de Botânica. Pesquisadora. C.P. 399. 66040-170, Belém-PA. lea@museu-goeldi.br

[3] Embrapa Amazônia Oriental. Pesquisadora. Cx. Postal 48. 66. 095-100, Belém-PA.

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15

PALAVRAS-CHAVE: Biologia floral, Pólen, Plantas medicinais, *Quassia amara*.

ABSTRACT – The descriptive study of the pollen grains and floral biology of Quassia amara *L. (Simaroubaecae) was carried out in the Embrapa Amazônia Oriental Experimental Field, in Belém-Pará, during the period of July, 1997 to September, 1998. This species occupies an important economical position, due to the use of its active substances, which are utilized in the therapeutics of several diseases and the formulation of natural insecticides as well.* Q. amara *is a shrub that blooms during the whole year. The flowers are bisexual, arranged in erect paniculate inflorescences. The anthesis started around 22 o'clock and the senescence begun 3-4 days after the anthesis. The anthers are centrally disposed surrounding the gynoecim and opened longitudinally, with the pollen exposure between 11 and 12:30 o'clock. The stigma is filiform and the apex was the area of major receptivity. The pollen and the nectar are the resources presented by the flower. The hummingbird pollinated the flowers in sporadic visits.* Trigona fulviventris *was the bee species that visited the flowers of* Q. amara *searching for nectar. These bees were considered thieves and are characterized by presenting a destructive behavior in the flower. The morphologic analysis of the pollen grains revealed that these are medium, 3(-4)-colporate, punctate surface in the apocolpo and microreticulate in the mesocolpo. The floral biology demonstrated that this species presents a group of floral characteristics that turns it compatible with the ornithophilous pollination. However, despite the effective pollinator accomplished fast and sporadic visits the fructification of* Q.amara *was not impeded.*

KEY WORDS: Floral biology, Pollen, Medicinal plants, *Quassia amara*.

INTRODUÇÃO

Estudos sobre o pólen e a biologia floral fazem parte dos conhecimentos básicos dos ecossistemas tropicais, mostrando-se importantes para o manejo e conservação dos recursos naturais, assim como procuram explicar as relações existentes entre as espécies e o ambiente em que elas ocorrem. Para a compreensão dessas relações, é necessário esclarecer como se dão os fenômenos entre as plantas e o seu meio e como estão interligados (Kageyama 1987). Informações sobre a biologia floral baseadas em características florais, como

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15

organização das inflorescências, deiscência das anteras e recompensa floral, associadas ao comportamento das plantas em seu ambiente, contribuem para a interpretação da biologia da polinização de uma comunidade (Ramirez *et al.* 1990). Faz-se também necessária a realização de estudos complementares, como análise do néctar, detecção dos osmóforos, que são as glândulas de odor, e pigmentos florais.

Atualmente, poucos trabalhos de biologia floral vêm sendo desenvolvidos com as plantas medicinais. Estas plantas têm despertado grande interesse da comunidade científica, devido à sua baixa toxicidade e efetiva ação no combate a diversas moléstias. Entretanto, o baixo nível de conhecimento sobre a biologia reprodutiva de algumas dessas plantas, principalmente no que se refere ao sistema reprodutivo, polinização e/ou biologia floral, dificulta seu cultivo. Entre essas plantas encontra-se *Quassia amara* L. (Simaroubaceae), uma planta medicinal conhecida vulgarmente como "quina" ou "falsa-quina", objeto de estudo neste trabalho.

A família Simaroubaceae apresenta distribuição pantropical e é representada por arbustos e árvores, que podem ser encontrados tanto em mata de várzea como em terra firme. Esta família se distingue de outras principalmente pela presença de substâncias amargas, que podem estar presentes no caule, nas folhas e nas raízes de suas espécies. Pertencentes a esta família, *Quassia, Picrasma, Simaba, Castela, Picramnia e Simarouba,* são gêneros onde se pode encontrar tais princípios amargos (Joly 1975; Barroso 1991). O intenso sabor amargo é o caráter mais geral da família (Cavalcante 1979).

O gênero *Quassia* foi descrito por Linnaeus, na segunda edição de *Species Plantarum* em 1762. Cronquist (1944) informa que o gênero é monotípico na América e relata a ocorrência da espécie africana *Q. africana* Baill. Entretanto, Corrêa (1984) cita a ocorrência de *Q. cedron* Baill., *Q. ferruginea* D. Dietr. e *Q. versicolor* Spreng. em outros estados do Brasil e que também se caracterizam por apresentarem princípios amargos.



Barroso (1991) revela que o nome *Quassia* foi dado em homenagem a um negro do Suriname, de nome Quassi, que em meados do século XVIII adquiriu fama por curar doentes de febres malignas com o auxílio desta planta. Para a referida autora, no Brasil o gênero é predominante na região Norte, distribuindo-se geograficamente até o Maranhão.

A "quassina" é um dos princípios ativos produzidos pela quina. Trata-sc de um alcalóide de forte sabor amargo, ao qual se atribui propriedades inseticidas e medicinais. É utilizado no controle de pragas (Le Cointe 1947; Lameira 1995). Na medicina popular vem sendo utilizado há muitos anos, sob a forma de chás e alcoolatos, no combate a verminoses, males do estômago e intestino, e como antiinflamatório e antimalárico (Berg 1982; Corrêa 1984). Albuquerque (1989) cita que o chá das folhas ou casca é febrífugo, adstringente e serve para atonia do aparelho digestivo.

De acordo com Rocha Neto *et al.* (1997), as pesquisas sobre o aproveitamento da quassina, no combate a doenças tropicais como a malária, vêm sendo intensificadas por pesquisadores do Hospital Universitário Barros Barreto e do Instituto Evandro Chagas, Belém-PA.

No Brasil, as propriedades terapêuticas atribuídas à quina se baseiam apenas na cultura popular, fundamentada em experiências de sua utilização pelas populações que a cultivam em quintais ou que habitam áreas onde ela ocorre naturalmente. Duque & Vasques (1994) revelam que estão sendo feitos estudos clínicos no Texas, Guatemala, República Dominicana, México e Panamá, para que a quassina seja usada também no tratamento de carcinomas e células infectadas com o vírus HIV.

O objetivo deste trabalho foi o estudo da biologia floral e morfologia polínica de *Quassia amara* L., como contribuição aos programas de melhoramcnto genético, desenvolvimento do sistema de produção e melhor aproveitamento do potencial econômico da espécie, uma vez que a falta de conhecimentos básicos dificulta o estabelccimento de um sistema de cultivo para a mesma.

REVISÃO DE LITERATURA

Considerações taxonômicas e distribuição geográfica

Simaroubaceae é uma família tipicamente tropical, pertencente à ordem Sapindales, constituída por 200 espécies distribuídas em cerca de 20 a 30 gêneros. A família é morfologicamente variável, porém apresenta caracteres comuns a todos os gêneros como: presença de quassinóides, carpelos separados com um só estigma, folhas compostas, alternas, flores bissexuadas, pentâmeras e frutos drupáceos. Apresenta estreitas afinidades taxonômicas com as Rutaceae, Burseraceae, Meliaceae e Cneoraceae. As afinidades com as Rutaceae são ainda maiores, por possuírem propriedades químicas e anatomia da madeira semelhantes (Cronquist 1981). As Rutaceae diferem das Simaroubaceae pela ausência de quassinóides. Em vez disso, possuem limonóides, que são terpenóides precursores dos quassinóides que, dentre inúmeras propriedades terapêuticas, são indicados no tratamento da malária (Hoehne 1978; Poveda 1995).

Barroso (1991) cita que Engler (1931) dividiu esta família em seis subfamílias, cada uma delas compreendendo tribos e subtribos. Das seis, Simarouboideae é uma das maiores e compreende a maioria dos gêneros na América, incluindo *Simaba, Simarouba, Quassia, Castela, Picrasma e Picrolemma.*

Willis (1966) informa que a família apresenta 40 espécies distribuídas na América Tropical. De acordo com Thomas (1990) o centro primário de distribuição da família é a América Tropical, com distribuição secundária no Oeste Tropical Africano. De um modo geral, a distribuição das Simaroubaceae apresenta a seguinte classificação: Neotropical, Norte da América do Sul e disjunta entre as Índias Ocidentais, América Central e México.

Foster (1982) e Gomez (1986) citam que, devido às propriedades terapêuticas de *Quassia amara* L. terem sido usadas por séculos, é muito difícil determinar com exatidão sua distribuição natural e origem,

pois há forte influência antrópica. Para esses autores, a distribuição da espécie vai do sul do México até a Amazônia brasileira. Thomas (1990), investigando as coleções dos herbários na América do Sul e na América Central, relatou uma distribuição mais ou menos contínua desde as Guianas, passando pela Venezuela e Colômbia, até o norte da Nicarágua.

Segundo Le Cointe (1947) *Quassia amara* é uma espécie de origem indígena mas encontra-se também cultivada. Para Foster (1982) e Gomez (1986) a espécie é nativa de bosques secos e úmidos, com penetração regular de luz. Floresce ao final da estação das chuvas e início da estação seca. Trata-se de uma espécie que se desenvolve bem em ambientes úmidos e tropicais. Por ser um arbusto de fácil regeneração após a poda, facilita o seu manejo.

É cultivada como ornamental em alguns lugares do Caribe e América do Sul e também na Ásia, onde foi introduzida (Forero 1989).

Importância econômica

Quassia amara L., conhecida vulgarmente como marupá, murubá, quina e quina-de-caiena, fornece madeira que pode ser utilizada nas obras de caixotaria e carpintaria. Seu extrato é tóxico para insetos, sendo usado em papel mata-moscas (Le Cointe 1947). É citada por Corrêa (1984), Berg (1982) e Lameira & Pinto (1995) devido à sua ação medicinal no tratamento da malária, flatulências, diarréias, anemia, e moléstias do estômago, sendo administrada principalmente na forma de chás e alcoolatos. São produtos vegetais que a medicina popular emprega há muitos séculos, sem deixar de tomar as devidas precauções com a ação relativamente tóxica destas substâncias. Estudos realizados por Grandolini *et al.* (1987) investigam um novo princípio amargo que ainda não tinha sido identificado. Trata-se de uma dihidroneoquassina que foi isolada do lenho e que está sendo testada como anticancerígena.



Matta (1913) estudou os quatro glucosídeos homólogos presentes na espécie, considerando a quassina como o principal deles, cuja fórmula é descrita como C11 H12 O3. Na opinião do autor, este glucosídeo ocupa o primeiro lugar na escala dos medicamentos amargos.

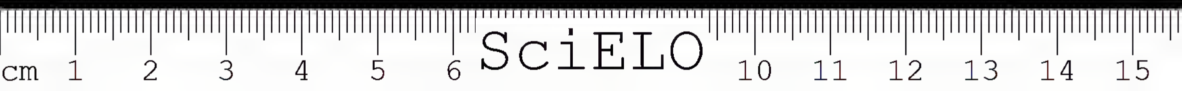
Hoehne (1978) relata a fabricação de caixas feitas com a madeira para guardar documentos e material de herbário preciosos, livrando-os do ataque de insetos. Em ensaios *in vitro* realizados com extratos aquosos e orgânicos de *Simaba cedron, Simarouba amara* Aubl. e *Quassia sp.* Ferracini *et al.* (1990) revelam que estes extratos demonstraram efeito repelente em larvas de Scrobipalpuloides (praga do tomateiro), e que o extrato preparado com as folhas de *Quassia sp.* provocaram 100% de mortalidade.

Valarini *et al.* (1991) testaram o poder de ação de extratos de *Quassia* sp., *Simaba cedron e Simarouba amara* para inibir pragas e doenças do feijoeiro. Os resultados obtidos mostraram que dentre todas as plantas analisadas, os melhores extratos com potencial contra fitopatógenos foram os de *Quassia* sp. e *S. cedron*.

Visando a atender às demandas do mercado que dependem da matéria-prima oriunda do extrativismo, Rocha Neto *et al.* (1997) estudaram a domesticação de *Q. amara* analisando o comportamento ecofisiológico da planta em três diferentes condições de luminosidade: pleno sol, parcialmente sombreado e sombreado.

Aspectos palinológicos

Poucos trabalhos sobre a morfologia polínica da família Simaroubaceae foram encontrados durante esta pesquisa. Erdtman (1952) descreveu de forma sucinta os grãos de pólen da família e teceu comentários sobre o pólen de *Quassia amara* e, em 1969, fez uma breve descrição sobre o pólen de *Quassia africana* Baill. Salgado-Laboriau (1973) se referiu à morfologia polínica da família, estabelecendo para as espécies que ocorrem no cerrado o tipo polínico



Simaba. Cavalcante (1979) cita a descrição polínica apenas para a espécie *Simaba cedron*. Juárez-Jaimes & Martinez-Mena (1992) estudaram a morfologia polínica das seguintes espécies da família Simaroubaceae do estado de Guerrero, México: *Alvaradoa amorphoides* Liebm., *Picramnia antidesma* Sieber ex. Stend., *P. polyantha* Planch., *Quassia amara*, *Recchia mexicana* Moç. & Sesse e *Simarouba glauca* DC.

Sobre o pólen, Dafni (1992) revela que a avaliação da viabilidade é o primeiro passo para entender como um grão de pólen germina no estigma, determinando uma fase crucial para a fertilização. Avaliando técnicas para os estudos de biologia da polinização, Kearns & Ionye (1993) revelam que os testes de viabilidade do pólen são extremamente importantes para trabalhos com monitoramento do pólen para estocagem, estudos de incompatibilidade e fertilidade e também para avaliar as chances da germinação após a exposição a várias condições adversas do meio.

Contribuição ao estudo da biologia floral

Para compreender o ciclo de vida da flor, sua estrutura e todas as suas manifestações ao longo deste ciclo, faz-se necessário o estudo da biologia floral. No Brasil, os trabalhos mais antigos sobre biologia floral datam de meados do século XIX, feito por Fritz Müller *in* Faegri & Pijl (1979).

O estudo da biologia floral de uma espécie apresenta um campo bastante abrangente, incluindo trabalhos de identificação das plantas e seus possíveis polinizadores; os dispositivos (recursos e atrativos) usados pelas flores para atrair os visitantes, por exemplo: pólen, néctar, óleo, aroma e resina; os sistemas de cruzamento e comportamento floral; a coleção e estudo dos visitantes de flores em todo o limite de distribuição das plantas; as observações detalhadas sobre o comportamento dos visitantes nas flores; estudos diários, sazonais e periódicos dos polinizadores e a análise do pólen transportado pelos visitantes (Baker & Hurd 1968).



Ramirez *et al.* (1990) citam que nos trabalhos de melhoramento genético, um dos maiores inconvenientes que dificultam a execução dos programas de hibridações e de autofecundações, reside na baixa fertilidade ou mesmo esterilidade do pólen. Por isso, ressaltam a necessidade de haver uma fonte de informações precisa a respeito do pólen.

Segundo Dafni (1992) se o processo básico da polinização começa com a exposição e liberação dos grãos de pólen, qualquer fator como tamanho, forma, modo de dispersão e viabilidade dos grãos de pólen é preponderante para que o processo de polinização seja bem sucedido.

Dafni (1998) estudando a receptividade do estigma, afirma que estas observações são fundamentais para determinar a maturação das flores, o sucesso da polinização em diferentes estádios do ciclo de vida da flor, bem como, as chances de seleção gametofítica. Qualquer experimento de polinização artificial deve ser acompanhado por testes de duração da receptividade do estigma.

Atualmente, pouco se conhece sobre a biologia floral de espécies medicinais nativas da Amazônia. Não foram encontradas informações sobre a biologia floral de *Q. amara* na literatura.

Santos & Maués (1998) estudando a biologia floral de espécies florestais, analisaram a morfologia da flor de *Simarouba amara* (Simaroubaceae) e fizeram inferências sobre sua provável síndrome de polinização.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As observações de campo foram feitas na área experimental da Empresa Brasileira de Pesquisa Agroflorestal – Embrapa Amazônia Oriental em Belém-Pará, a 01°28' de latitude sul, 48°27'de longitude oeste de Greenwich e 12,8m de altitude, em um plantio de *Q. amara* localizado em área próxima ao laboratório de botânica.



O plantio encontra-se com aproximadamente cinco anos e a quadra mede 15,5m de largura x 21,5 m de comprimento, sendo constituído de 88 indivíduos, que foram propagados por meio de enraizamento de estacas, a partir de plantas coletadas no município de Moju-PA, em 1994. De acordo com Rocque (1976) o município de Moju localiza-se na microrregião do Baixo Tocantins, a 61 km de Belém. A cidade de Moju está localizada à margem direita do rio Moju, a 1°53'02" de latitude Sul, 48°46'06" de latitude Oeste e 18 metros de altitude. O rio Moju desemboca no rio Pará, formando juntamente com o rio Guamá, a baía de Guajará, que banha a cidade de Belém (Figura 1).

Tratos culturais utilizados no plantio

De acordo com as informações fenológicas obtidas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da Embrapa Amazônia Oriental, as plantas começaram a produzir flores aos dois anos de idade. O plantio recebe tratos culturais, tais como coroamento e adubação. O coroamento é feito mensalmente. A adubação é feita a cada três meses, por meio da aplicação de NPK, na proporção de 10g x 28g x 10g, respectivamente. *Canavalia ensiformis*, DC. vulgarmente conhecido como feijão-de-porco, foi plantado nas entrelinhas para facilitar a fixação de nitrogênio.

O trabalho foi desenvolvido no período de julho de 1997 a fevereiro de 1999. As análises de campo foram feitas em uma amostragem de 20 indivíduos, escolhidos aleatoriamente. Estas análises foram desenvolvidas no Campo Experimental da Embrapa Amazônia Oriental (Belém-PA) e as de laboratório, no Laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Oriental e na Coordenação de Botânica do Museu Paraense Emílio Goeldi (Belém-PA). Os registros meteorológicos foram cedidos pelo Laboratório de Climatologia da Embrapa Amazônia Oriental. Tais informações são indispensáveis, uma vez que as variações climáticas como vento, chuva, umidade do ar, qualidade e intensidade de luz são alguns



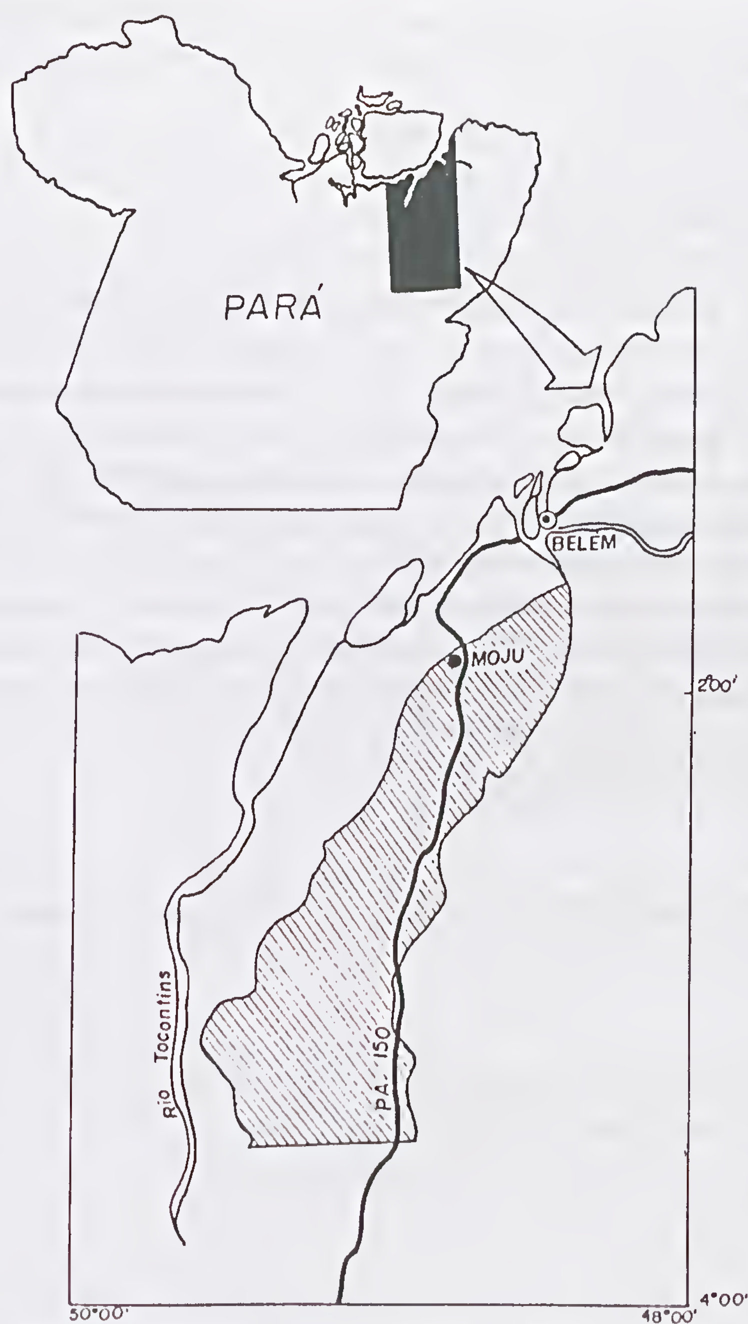


Figura 1 - Mapa do estado do Pará mostrando a área referente ao município de Moju-PA.

cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15

dos principais fatores que podem influenciar determinados parâmetros reprodutivos, bem como a atividade dos polinizadores de *Q. amara*.

Material Botânico

No experimento do campus da Embrapa Amazônia Oriental foram selecionados aleatoriamente dois indivíduos. De cada, foram retiradas cinco amostras de ramos com flores. No município de Moju, na área de ocorrência natural, foram retiradas seis amostras de ramos estéreis de três indivíduos, dos quais apenas um indivíduo foi escolhido com a finalidade de registrar a ocorrência no município. Esse material botânico foi determinado no período de junho de 1998 a janeiro de 1999 pelo auxiliar técnico Sr. João Carlos Lima Oliveira e supervisionado pela pesquisadora Silvane Tavares, ambos locados na Embrapa Amazônia Oriental. Após a identificação, as amostras foram registradas e incorporadas aos herbários IAN (Embrapa Amazônia Oriental) e MG (Museu Paraense Emílio Goeldi) conforme indicado na Tabela 1.

Tabela 1 - Amostras de ramos de *Q.amara* com as respectivas referências de herbário.

N° de Indivíduos	Coletor/N° Col.	N° Herbário	Procedência
1	Barata, F. s/n	IAN 165948	Embrapa-Amazônia Oriental, Belém-PA
1	Barata, F. s/n	MG 155666	Embrapa-Amazônia Oriental, Belém-PA
1	Trindade, I. & Barata, F. s/n	IAN 166783	Mojú



METODOLOGIAS

Biologia floral

No período de julho de 1997 a novembro de 1998, a biologia floral foi investigada quanto à morfologia das flores, detecção de pigmentos e osmóforos, horário e seqüência da antese, abertura das anteras, viabilidade do pólen, receptividade do estigma e duração das flores e frutos. Foram também descritos a disposição das inflorescências nos ramos e o hábito das plantas.

Para a determinação do processo de antese, dez botões florais adultos foram escolhidos em inflorescências de diferentes indivíduos e acompanhados de duas em duas horas. O acompanhamento da floração obedeceu as fases: 1- botão floral desde o início do desenvolvimento até a véspera da abertura e 2- flor em recente antese acessível ao visitante e/ou receptiva à polinização, até entrar em processo de senescência. Dentre os 20 indivíduos pré-selecionados, a frutificação foi observada e acompanhada em 15 indivíduos desde o desenvolvimento primário dos óvulos, até os frutos imaturos e frutos maduros prontos para serem dispersos. A mensuração das partes florais foi realizada em 50 flores, com o auxílio de um paquímetro digital MITUTOYO, modelo DIGIMATIC CALIPER 500-404 CD-S15M.

Os dados da estrutura da flor como forma, tamanho, aspecto do gineceu, localização e tipo de recursos florais ofertados, foram obtidos em laboratório.

Para a detecção dos osmóforos, outras 50 flores previamente protegidas com sacos plásticos à prova de pólen e insetos, foram coletadas e acondicionadas em recipientes de vidro e imediatamente levadas ao laboratório, onde foram submersas em solução aquosa de vermelho neutro (1:1000), de acordo com Vogel citado por Faria (1989), em diferentes intervalos de tempo, ou seja, 1 minuto, 30 minutos, 1 hora, 2 horas e 3 horas. Após cada intervalo, as flores eram retiradas e lavadas em água destilada para eliminar o excesso do corante. As áreas intensamente coradas de vermelho-escuro indicaram a localização dos osmóforos.

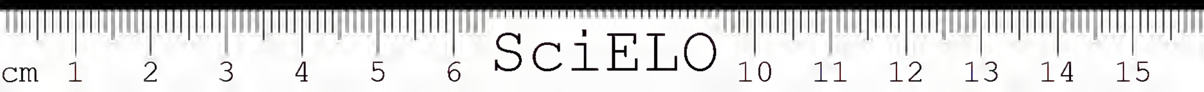


Vapores de amônia foram utilizados na determinação do tipo de pigmento presente nas flores conforme Vogel citado por Faria (1962). Flores frescas foram colocadas em um recipiente contendo 2ml da solução de hidróxido de amônia, (NH4 OH) a 5%. Este foi imediatamente fechado para que o gás revelasse os pigmentos florais.

A receptividade do estigma foi testada, utilizando-se peróxido de hidrogênio a 6% Zeisler citado por Faria (1989) e a solução Baker (Dafni 1998), que detecta a presença de uma enzima, a esterase. A solução Baker consiste de 10ml de tampão fosfato a 1M, com pH 7.3-7.5, adicionada de 5-10 mg de nitroblue-tetrazólio, para dar uma cor ligeiramente amarela, 6 mg de nicotinamida adenina di-nucleotídeo e 1 ml de etanol a 95%. De um modo geral, as enzimas são elementos vitais do metabolismo das plantas, estando envolvidas em muitos compostos orgânicos durante o processo respiratório. A técnica da solução de Baker correlaciona a presença de esterase com a viabilidade do tecido. De duas em duas horas, das 8:00h às 18:00h, dez estigmas foram coletados e analisados. Este procedimento foi o mesmo para as três fases florais analisadas: flor recente, flor de um dia após antese e flor de dois dias após antese. Em lâminas de microscopia, os estigmas foram submersos em uma a duas gotas da solução, colocados em câmaras úmidas feitas com placas de Petri e acondicionados em uma incubadora biológica YAMATO modelo IL 700 a 37°C por 20-35 minutos. Após este período, os estigmas foram levados ao estereoscópio OLYMPUS modelo SZH com a finalidade de observar a região mais receptiva do estigma que assumia uma coloração azulescuro.

Antes de submeter os estigmas aos testes químicos, estes eram previamente checados em um estereoscópio, para evitar que algum dano no tecido vegetal ou a presença de grãos de pólen germinando na superfície, pudessem alterar o diagnóstico.

A presença de exsudatos na superfície estigmática foi observada a olho nu e com o auxílio de uma lupa manual.

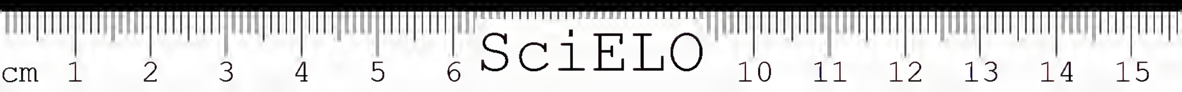


Com a finalidade de ilustrar as estruturas reprodutivas das flores, como as anteras, o ápice do estigma e o ovário, estas foram fotomicrografadas em um microscópio eletrônico de varredura JEOL, modelo DSM-940. Para isso, o material foi fixado em glutaraldeído, a 3%, dissolvido em uma solução tampão de fosfato de potássio 0,1 molar, por 24 horas, e posteriormente, desidratado em acetona a 30%, 50%, 70%, 80%, 90% e 100% e submerso por 24 horas em solução de clorofórmio. A metodologia empregada nesta análise foi adaptada do método de Postek (1980).

Procedeu-se a análise do néctar, determinando o teor de açúcar (Grau Brix) e sua produção durante o ciclo de vida da flor. A cada 2 horas, dez flores eram coletadas e imediatamente analisadas no período das 8 às 18 horas. Foram testadas as fases de flor recente, flor de um dia e flor de dois dias. Para medir o grau brix, foram utilizados os refratômetros BELHINGHAM & STANDLEY, especialmente adaptados para amostras de no mínimo 1ml e microcapilares também de 1ml para coletar e medir o néctar das flores.

Viabilidade e contagem dos grãos de pólen

A viabilidade foi detectada a partir de grãos corados pela solução Baker (Dafni 1992), a mesma já descrita e utilizada para avaliar a receptividade do estigma. A presença de enzimas biocatalisadas nos processos metabólicos tem a sua atividade estreitamente relacionada com a viabilidade do pólen. De cada um dos 15 indivíduos previamente amostrados, foi selecionada uma flor, totalizando 15 flores para cada hora em cada fase. Como a flor apresenta dez anteras, foram testadas 150 anteras por fase, ao longo do dia. As anteras foram colocadas em uma lâmina na presença de uma gota da solução Baker, delicadamente maceradas, e o pólen foi separado dos resíduos vegetais. Com o auxílio de um estilete, a mistura foi homogeneizada e a lâmina acondicionada



em câmara úmida previamente aquecida, a qual foi depositada em uma incubadora biológica a 37°C, por 30 minutos. Após este período, a lâmina foi retirada da câmara úmida para a evaporação da solução. Para o processo de preparação de lâminas semi-permanentes, uma gotícula de glicerina foi adicionada a este material, cuja lâmina foi coberta com lamínula e vedada com esmalte sintético. Os resultados foram analisados em um microscópio ótico OLYMPUS Modelo BH-2, contando-se 500 grãos de pólen por lâmina em cinco a seis campos distintos. Os grãos de pólen viáveis assumem uma cor azul escura, e os inviáveis não sofrem alteração de cor.

A razão pólen/óvulo (P/O) foi determinada a partir da contagem dos óvulos e grãos de pólen por flor, de acordo com estudos feitos por Cruden (1977). Para Cruden (1981), esta relação reflete a eficiência da polinização, sugerindo que o estudo da razão P/O é ainda o melhor indicativo para se inferir o sistema reprodutivo das plantas. A contagem do pólen obedeceu à metodologia de Dafni (1992), que consiste em macerar uma antera fechada em solução de 0,5 ml de álcool a 70%, quatro gotas de detergente e três gotas do corante azul de metileno, a 0,5%. Adiciona-se álcool, a 70%, até completar 1ml. Foi colocado 1ml desta solução em seis lâminas. Os grãos de pólen foram contados por volume de suspensão. Este procedimento foi testado em dez anteras de flores diferentes. A média do número de grãos de pólen foi calculada e multiplicada pelo fator de diluição e pelo número de anteras por flor. O número de óvulos foi determinado pela contagem destes no ovário da mesma flor usada para contagem de pólen. A razão pólen/óvulo foi determinada pela divisão estimada do número total de grãos de pólen pelo número de óvulos. Testes complementares de autopolinização espontânea foram realizados para fins de comparação com os resultados da razão pólen/óvulo. Um dia antes da antese, 25 inflorescências distribuídas em cinco indivíduos diferentes, cinco em cada planta, foram protegidas com sacos à prova de pólen e insetos para verificar a ocorrência ou não de autopolinização e, conseqüentemente, a formação de frutos.



Morfologia do pólen

Botões florais adultos foram coletados diretamente de amostras retiradas no campo experimental, cujo grãos de pólen foram acetolisados segundo o método de Erdtman (1952), medidos, descritos e fotomicrografados. O método de acetólise consiste basicamente em submeter os grãos de pólen a uma mistura de anidrido acético e ácido sulfúrico 9:1, proporcionando uma reação entre a esporopolenina e o anidrido acético em meio ácido. Com este procedimento, o conteúdo celular é destruído e a exina fica transparente, permitindo o estudo detalhado da membrana externa. Posteriormente fez-se a montagem da lâmina com gelatina glicerinada (Kisser 1935) e, para tornar as lâminas definitivas e isentas de contaminação procedeu-se a lutagem com parafina (Müller 1947). Para obtenção das medidas, foi utilizado um microscópio ZEISS, adaptado com uma ocular micrometrada. As medidas dos eixos polar e equatorial foram feitas em 25 grãos de pólen escolhidos ao acaso, em vista equatorial e utilizando-se a objetiva de 40x. Com esses valores, foram calculados a média, a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação. As medidas da exina e dos diâmetros dos lumens foram feitas em dez grãos de pólen, usando-se a objetiva de 100x, e calculadas somente as médias aritméticas. Na descrição polínica foi usada a seqüência padronizada de Erdtman (1969), a classificação de Praglowski & Punt (1973), que define as variações que ocorrem no padrão da superfície reticulada, e a nomenclatura baseada no Glossário Ilustrado de palinologia de Barth & Melhem (1988). Nas descrições, nas legendas das figuras e no texto foram usadas as seguintes abreviaturas: amb = âmbito; E = eixo equatorial; LO = lux obscuritas; MEV = microscopia eletrônica de varredura; ML = microscopia de luz; NPC = número, posição e caráter das aberturas; P = eixo polar; P/E = relação entre as medidas dos eixos polar e equatorial; P/MG = número de registro da Palinoteca do Museu Goeldi; VE = vista equatorial do grão de pólen; VP = vista polar do grão de pólen.



Observação dos visitantes e/ou polinizadores

O comportamento dos visitantes e/ou polinizadores nas flores foi registrado no período de intensa floração, junho a agosto de 1998, por meio de observações diretas no campo que totalizaram 180 horas. Anotou-se o horário e a freqüência das visitas, bem como o comportamento do visitante (polinização ou pilhagem). Além destas visitas, utilizou-se a metodologia de Dafni (1992), que consiste em observações de 10 minutos a cada hora, completando 12 horas de observação (das 6 às 18 horas).

Coletaram-se abelhas com auxílio de rede entomológica, mortas em frascos mortíferos contendo acetato de etila e posteriormente identificadas por comparação com a coleção de insetos do Laboratório de Entomologia da Embrapa Amazônia Oriental. Foi adotado o método da acetólise para verificar a presença e identificação dos grãos de pólen no corpo das abelhas. Para este procedimento, 100 abelhas foram coletadas no campo e depositadas em frascos contendo ácido acético glacial, para remover os grãos de pólen do corpo das abelhas. Este material foi peneirado em telas de latão e procedeu-se a acetólise.

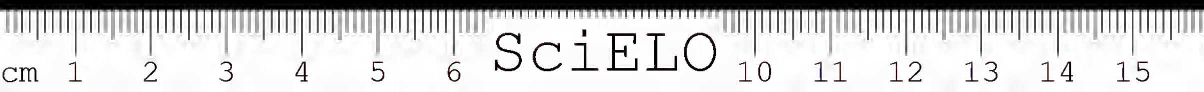
O comportamento da visita do beija-flor nas flores foi observado quanto à freqüência, horário e duração.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos morfológicos

Quassia amara, Linn. Sp. Pl. ed. II. 553.

Nas condições de cultivo em que foi conduzido o experimento, *Q. amara* L. é considerada uma espécie arbustiva, cuja população apresenta indivíduos com altura média de 1,7m, e 2,3cm de diâmetro. Os botões florais adultos medem cerca de 25,7mm de comprimento. As inflorescências são paniculadas e eretas, localizadas no ramo terminal, sendo que o eixo central mede cerca de 17,5cm de



comprimento, e o desenvolvimento das flores ocorre no sentido base-ápice. As flores são tubulosas, bissexuadas, com prefloração valvar, actinomorfas, sem aroma, com cálice pequeno, 5-lobado, os lobos oblongo-triangulares; a corola é vistosa, com cinco pétalas livres, mais longas do que largas, vermelho-vivo, glabras, com 3,5-4,5cm de comprimento (Figura 2). O androceu, com aproximadamente 3cm de comprimento, é composto por dez estames livres, inseridos no disco cupuliforme, que circunda o gineceu apocárpico. Os filetes são vermelhos, membranosos e glabros, apresentando apêndices pilosos na base. As anteras, com cerca de 2,7mm de comprimento, são dorsifixas, com deiscência rimosa, amarelas, de consistência carnosa nas flores jovens e acastanhadas, com consistência rija nas flores adultas (Figura 3a, e, f, g). Em MEV foi possível verificar que a deiscência da antera atinge um extremo a outro da teca, e que a parede das anteras é constituída por tecido papiloso (Figura 4).

O gineceu mede 3,8cm de comprimento; apresenta ovário súpero, pubescente, pentalocular, com um óvulo em cada lóculo. O estilete é vermelho, filiforme e alongado. O estigma é diminuto, com 1-2mm de diâmetro na região apical, ligeiramente papiloso, pentassulcado, situado acima do conjunto de anteras. (Figura 3b, c, d). Em MEV foram evidenciados o ovário pentalocular suportado pelo disco nectarífero e a superfície estigmática constituída de numerosas papilas (Figura 5).

O nectário mede 2,2mm de comprimento, e está localizado na porção basal das pétalas. Durante toda a duração da flor há produção de néctar. A maior concentração de açúcar no néctar foi de 34%, observada às 10 horas, na fase de flor de um dia. A fase de flor em recente antese foi a que apresentou produção máxima de néctar de 16ml, às 14 horas (Figuras 6 e 7). Segundo pesquisas feitas por Baker *et al.* (1998), a composição de açúcares no néctar está intimamente relacionada com o grupo de polinizador, sendo o néctar a base energética recebida pelos visitantes ao entrarem em contato com as flores. Os referidos autores analisaram também o néctar de *Q. amara* e o caracterizaram como típico para beija-flores por apresentar elevado conteúdo de sacarose.



Os frutos são drupáceos, ovóides, vermelhos, com 1-1,5cm de comprimento e 2-3cm de diâmetro. Nem sempre todos os cinco óvulos são fertilizados e quando isto ocorre, estes resultam em frutículos, adquirindo a cor negra quando maduros.

Considerações sobre a fenologia reprodutiva

A espécie apresenta picos de floração e frutificação entre os meses de junho a setembro, caracterizando seu bom desenvolvimento em ambientes com forte penetração de luz. A estação das chuvas no início do ano influencia fortemente o estado fisiológico da planta, causando decréscimo de floração e inviabilizando os testes enzimáticos feitos, que avaliam as estruturas reprodutivas. De acordo com informações obtidas na área de ocorrência natural, situada no município de Moju, estado do Pará, *Q. amara* apresenta floração única que vai de julho a outubro, encontrando-se em ambientes parcialmente sombreados por grandes árvores.

No período em que a média de precipitação pluviométrica é baixa, foi verificada intensa atividade metabólica por parte da planta, como o desenvolvimento de mais de uma inflorescência no mesmo ramo terminal. Estas inflorescências se caracterizam por apresentar diferentes fases da sucessão floral, como flores em processo de senescência, frutos em desenvolvimento, flores em recente antese e botões florais. O número de inflorescências por planta é significativamente maior neste período, que se pode encontrar cerca de 19 a 27 inflorescências por planta. Nos outros meses, quando a média de precipitação pluviométrica é alta, de janeiro a março, este número torna-se relativamente menor, com cerca de 7 a 14 inflorescências. Os dados climatológicos referentes ao ano de 1997 encontram-se na Tabela 2.



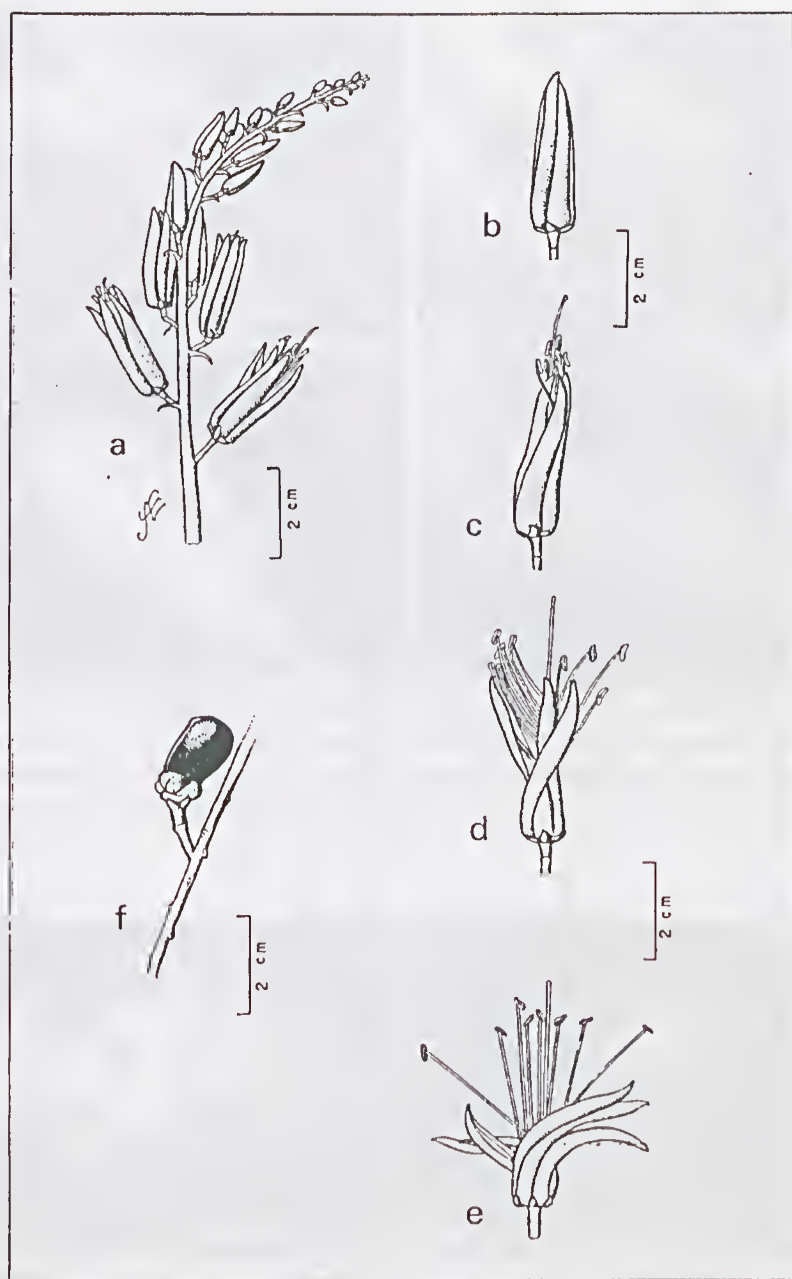


Figura 2 - a) Aspecto da inflorescência de *Q. amara*; b) Botão floral adulto; c) Flor recente; d) Flor de 1 dia; e) Flor de 2 dias; f) Fruto maduro.

SciELO

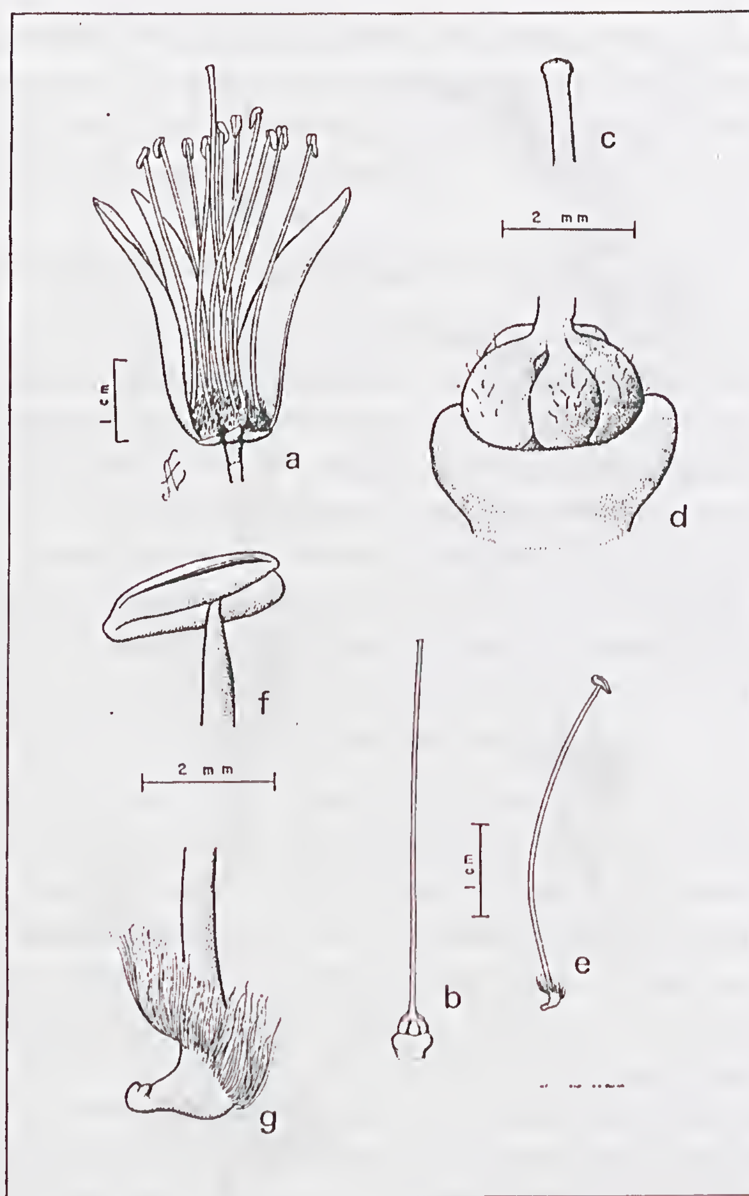


Figura 3 - Peças florais de *Q. amara*. a) Flor em corte longitudinal; b) Vista geral do gineceu; c) Estigma, detalhe da porção apical do estilete; d) Ovário pentalocular inserido no disco nectarífero; e) Vista geral do androceu; f) Anteras detalhe da inserção dorsifixa e deiscência rimosa; g) Apêndices filiformes na base do filete.

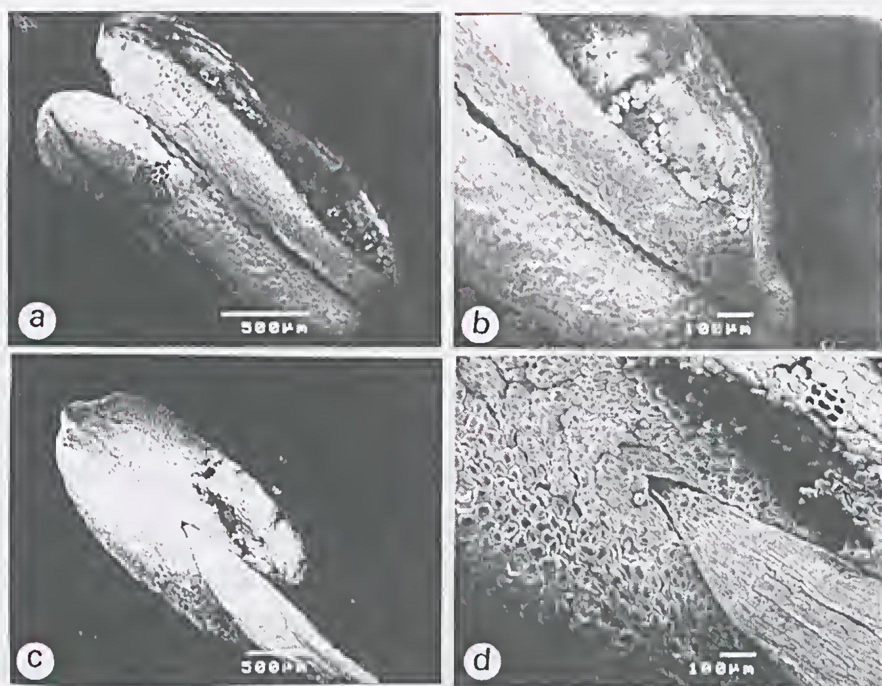


Figura 4 - Antera de *Q. amara*, em MEV: a) Vista geral da face ventral das tecas e deiscência, (50x); b) Detalhe da superfície e de grãos de pólen dispostos ao longo da deiscência, (100x); c) Vista geral da inserção dorsifixa, (50x); d) Idem, detalhe da superfície papilosa e do filete, (100x).

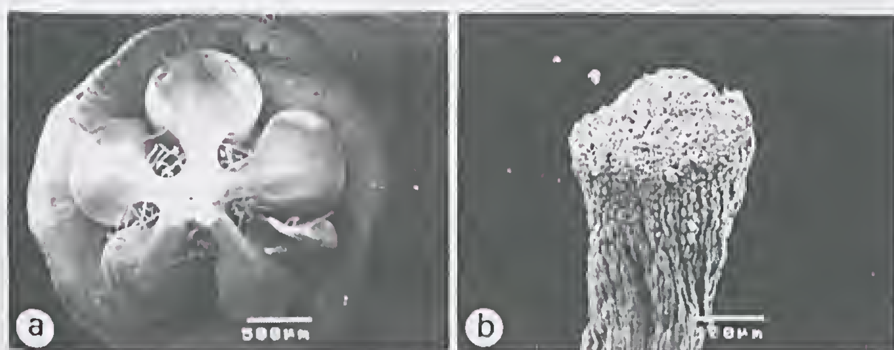


Figura 5 - Gineceu em MEV: a) Ovário, mostrando os lóculos na margem e no centro um corte da retirada do estilete, (100x); b) Porção apical do estilete, aspecto do estigma, (50x).

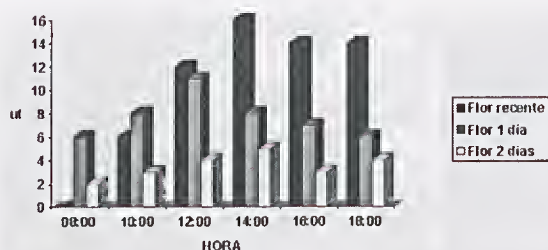


Figura 6 - Avaliação da produção de néctar ao longo do dia nas 3 fases do ciclo de vida da flor.

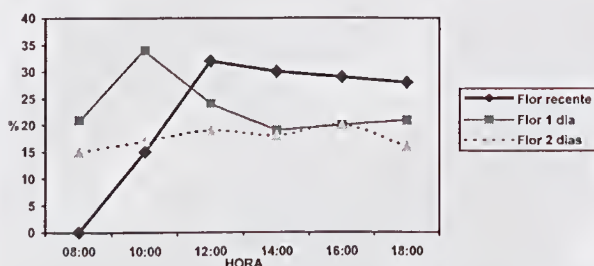


Figura 7 - Concentração de açúcar no néctar das flores de *Q. amara* nas 3 fases do ciclo de vida da flor.

Tabela 2 - Média dos dados climatológicos referentes ao ano de 1997. T- temperatura média compensada (°C);UR-umidade relativa média compensada (%); PP-preciptação pluviométrica (mm); EV-evaporação piche (mm); IN (h)-insolação hora e décimo.

VARIÁVEL	T/°C	UR/%	PP/mm	EV/mm	IN/h
MESES					
Janeiro	25,8	89	345,8	1,4	3,4
Fevereiro	26,1	86	342,9	1,5	54
Março	26	89	508,7	1,5	4
Abril	26,4	89	491,6	1,4	4,7
Maio	27,1	84	271,6	1,9	7,2
Junho	27,1	75	61,2	2,6	8,9
Julho	26,2	79	76	2,4	9,1
Agosto	26,3	83	105	2,2	8,1
Setembro	26,9	76	28,1	3	8,3
Outubro	27,2	73	6,9	3,6	8,1
Novembro	26,9	77	94,3	2,8	6,9
Dezembro	26,6	82	244	2,2	6,1
	26,55	81,83	214,68	2,21	10,73

Biologia floral

A flor, desde o lançamento das anteras até a queda das pétalas, dura em média quatro dias. Geralmente no terceiro ou quarto dia, as pétalas ficam levemente aderidas, aos poucos caem, restando apenas o gineceu. Ocorrendo fecundação, o desenvolvimento dos óvulos até a formação do fruto maduro tem uma duração média de 22 a 27 dias. A antese envolve uma fase noturna e outra diurna, levando de 8 a 10 horas para finalizar o processo, que se inicia por volta das 22horas. O estigma é a primeira estrutura a ser lançada. Nesta fase, já está receptivo e encontra-se acima do conjunto de anteras, permanecendo assim durante todo o ciclo de vida da flor.

A seqüência de abertura segue um processo gradativo e sincrônico entre as flores. No decorrer da noite, as anteras vão surgindo no ápice do botão, por entre as pétalas ainda soldadas, até que às 8:00h da manhã todas as anteras já são visíveis. As flores podem finalizar a antese, apresentando diferentes arranjos nas pétalas. Algumas mantêm as pétalas conniventes e tanto o androceu quanto o gineceu permanecem unidos até a senescência. Outras, apresentam um arranjo espiralado e o conjunto androceu e gineceu fica livre no centro da flor. Na ocasião da antese, as anteras permanecem todas fechadas.

Segundo Faegri & Pijl (1979), a flor tem um tipo estrutural classificado como tubulosa, uma vez que apresenta estruturas sexuais centrais, existindo um espaço entre a corola e os órgãos reprodutivos, que se apresentam inclusos.

A deiscência das anteras ocorre entre 11 e 12:30 horas . O pólen é amarelo e pulverulento. Nesta fase, as anteras são carnosas e amarelas. Uma vez abertas, permanecem assim até o final de seu ciclo de vida, tornando-se acastanhadas e enrijecidas com o passar das horas.

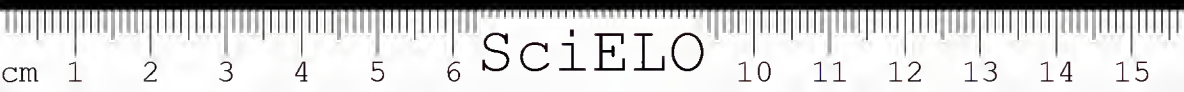
A receptividade do estigma inicia no período de pré-antese, antes da abertura das anteras. O período mais receptivo foi verificado imediatamente após a abertura das anteras, coincidindo com os horários



de maior viabilidade do pólen (entre 11 e 12 horas). O ápice do estigma foi considerado o local de maior receptividade. O estigma da flor recente apresenta maior receptividade que nas fases subseqüentes. Foram obtidos resultados semelhantes, com duas metodologias distintas, utilizando-se a solução Baker e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Com o H_2O_2 a 3%, bolhas de ar saíam continuamente e formavam cordões que duravam mais de 4 minutos. A solução Baker reagiu em menos de 30 minutos, deixando negra a região central do ápice do estigma. Estigmas do botão floral adulto e da flor com dois dias não apresentaram atividade enzimática.

Segundo Richards (1997), na fase de maior receptividade pode-se observar uma turgescência das papilas estigmáticas que usualmente secretam soluções açucaradas. São estas soluções provenientes da atividade enzimática que determinam a viabilidade da estrutura sexual. O autor classificou os tipos de estigmas de acordo com a presença ou ausência de exsudatos, morfologia cuticular do ápice do estigma e hidratação do pólen. De acordo com esta classificação, os estigmas de *Q. amara* L. são secos, isto é, não apresentam exsudatos, a cutícula está disposta continuamente e a hidratação do pólen é interna. Com tais características, o autor concluiu que é através de uma cobertura lipoproteica secretada pelo tapetum, que os grãos de pólen aderem à superfície estigmática.

O teste dos osmóforos revelou a localização destes, indicando que as flores exalam odor, porém este é praticamente imperceptível ao olfato humano. Com 1 minuto de imersão da flor no vermelho-neutro, coraram-se apenas o ápice do estigma e a região de deiscência das anteras. Com 30 minutos, as alterações observadas eram as mesmas e não foram detectados osmóforos em outras regiões da flor no decorrer das análises. Com 2 horas, as flores apresentavam as mesmas características. Endress (1994) comenta que as flores polinizadas por pássaros são menos perfumadas e que, ao contrário de outros tipos de glândulas, as secreções produzidas pelos osmóforos não são visíveis, mas altamente voláteis.



No teste de pigmentação, as pétalas vermelhas submetidas ao vapor de hidróxido de amônia adquiriram uma tonalidade azul escura em 2 minutos, indicando a presença de antocianinas.

ASPECTOS PALINOLÓGICOS

Morfologia polínica

Os grãos de pólen de *Q. amara* L. são médios, isopolares, simetria radial, forma subprolata, âmbito variando de subtriangular a quadrangular, 3(-4)-colporados, longicolpados, parassincolpados, de superfície punctada ao nível do apocolpo e microrreticulada nos mesocolpos. A endoabertura é lalongada. De acordo com Erdtman (1969) esta variação no número de aberturas do grão de pólen está relacionada com dimorfismo polínico. P= 42,4 ± 0,1 (39-44)mm; E= 34,1 ± 0,41 (32-38)mm; P/E= 1,24; NPC=345; DL= 0,95mm A sexina (2,88mm) é um pouco mais espessa que a nexina (1,92mm) (Figuras 8 e 9).

Erdtman (1952) descreveu os grãos de pólen da família como 3-colporados, oblatos-prolatos, com seu maior eixo medindo 42mm e o de *Q. amara* como 3-colporado, ângulo-aperturado, suboblato, sexina da mesma espessura da nexina, ou ligeiramente mais fina. Ainda Erdtman (1969), o pólen de *Quassia africana* é goniotremado e tricolporado. Para Salgado-Labouriau (1973) os grãos de pólen da família Simaroubaceae apresentam geralmente 3-colporos, a forma varia de oblata a prolata, o âmbito é mais ou menos circular; a sexina é reticulada às vezes com estrias ou padrão LO e o diâmetro maior de 15-45 mm.

De acordo com Juárez-Jaimes & Martinez-Mena (1992) o pólen de *Q. amara* é tricolporado, suboblato, de colpos com membranas lisas, exina semitectada, microestriada e simplesbaculada com cerca de 36,5mm de eixo polar. O mesmo autor considera a família Simaroubaceae estenopolínica por apresentar características uniformes quanto ao padrão morfológico.



Erdtman (1952) e Juárez-Jaime & Martinez-Mena (1992) apesar de terem usado nomenclaturas diferentes para descrever os grãos de pólen de *Q. amara*, obtiveram resultados semelhantes. A presença neste trabalho de grãos de pólen 3(-4)-colporados de forma subprolata, diverge dos autores acima referidos. Houve também divergência quanto ao padrão de superfície, descrita neste trabalho como punctada a microrreticulada e citada por Juárez-Jaime & Martinez-Mena (1992) como microestriada, simplesbaculada.

Viabilidade dos grãos de pólen

Os grãos de pólen apresentaram índice de viabilidade satisfatório até um dia após a antese. O pico de viabilidade foi observado em flores recém-abertas, nos horários próximos à abertura das anteras, entre 11 e 14 horas (Tabela 3). Botão em pré-antese não apresenta viabilidade e, na flor de dois dias, esta é praticamente negativa (Figura 10).

Tabela 3. Percentagem média dos grãos de pólen viáveis de *Q. amara* em diferentes horários.

Horário	Fases da Flor		
	Flor recente antese	Flor de um dia	Flor de dois dias
8:00	0	56,55 ± 2,47	6,67 ± 7,43
10:00	0	70,99 ± 3,19	2,54 ± 4,09
11:00	86,51 ± 3,54	50,12 ± 7,33	3,14 ± 3,34
12:00	93,35 ± 3,19	47,06 ± 2,04	3,21 ± 3,87
14:00	87,39 ± 6,69	71,53 ± 1,64	0,81 ± 1,45
16:00	53,64 ± 15,92	66,77 ± 9,31	1,76 ± 2,38
17:00	50,11 ± 7,34	57,04 ± 4,86	1,63 ± 2,20

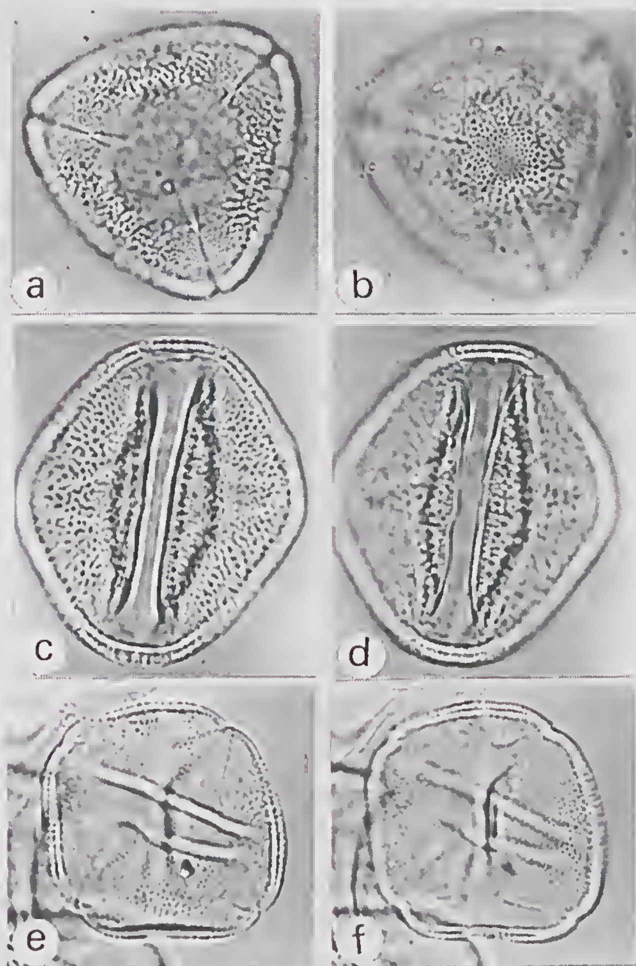


Figura 8 - Pólen de *Q. amara.* ML: a) VP, pólen 3-colporados ornamentação da exina, ao nível dos mesocolpos; b) Idem, ao nível do apocolpo; c) VE, corte ótico; d) Idem, ornamentação da exina, (1250x); e) VP, pólen 4-colporados, corte ótico; f) Idem, ornamentação da exina, (950x).

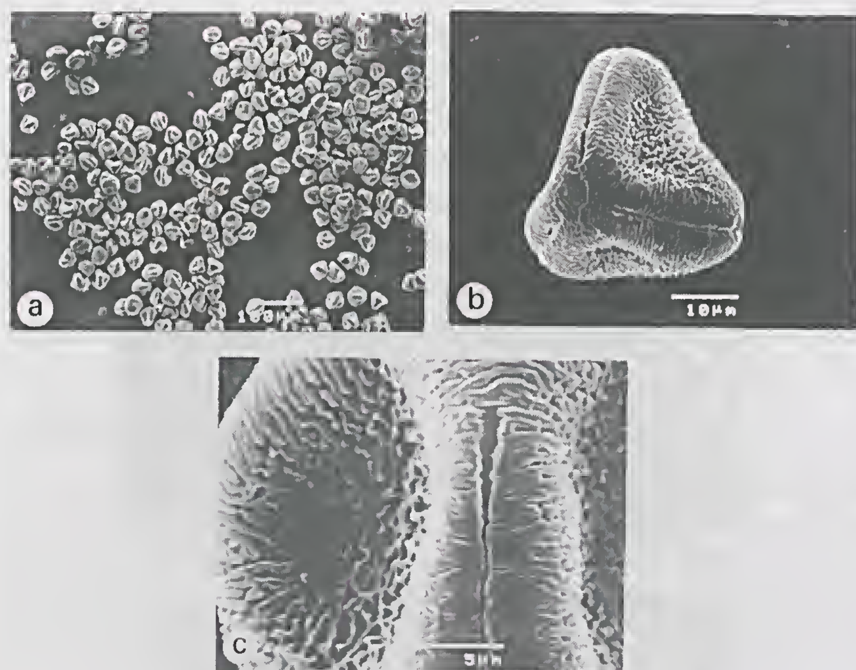


Figura 9 - Pólen de *Q. amara*. MEV: a) Vista geral, (150x); b) VP, aspecto dos colpos e ornamentação dos mesocolpos e apocolpos, (2000x); c) VE, detalhes do colpo e ornamentação do mesocolpo, (5000x).

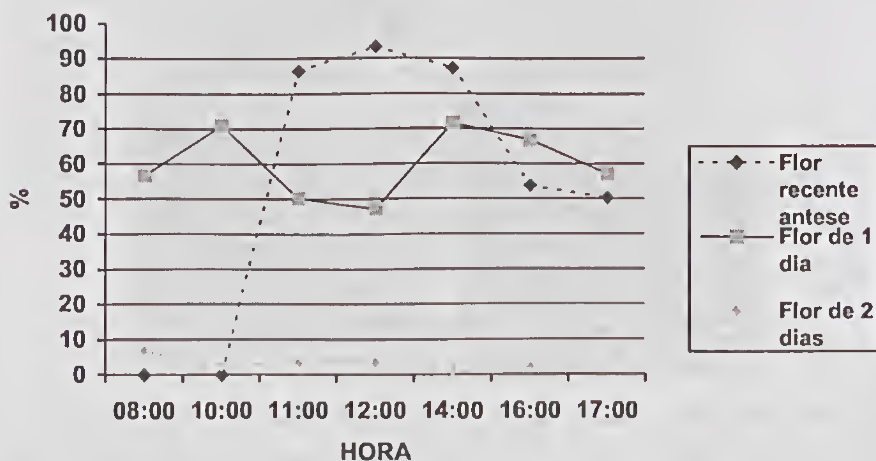


Figura 10 - Avaliação gráfica da viabilidade do pólen de *Q. amara*.

Razão pólen/óvulo

Q. amara, com cerca de 360.666,67 grãos de pólen por flor, apresenta razão pólen/óvulo de 7.213,33 ± 58.121, enquadrando a espécie como xenogâmica obrigatória. De acordo com Cruden (1977) as espécies xenogâmicas que apresentam razão pólen/óvulo num intervalo de 2.108,0 -195.525,0 são dependentes de polinizador e protândricas. Entretanto, o referido autor cita que espécies xenogâmicas podem se apresentar como xenogâmicas facultativas, na ausência de polinização cruzada ou quando há algum tipo de adaptação. Estes fatos alteram as características da planta, que passa a se comportar como autocompatível, protogínica e raramente dependente de polinizador. Os testes de autopolinização indicaram que a planta é capaz de se autopolinizar e produzir frutos, sem necessariamente depender de um polinizador. Os resultados dos testes preliminares de autopolinização mostraram que das 25 inflorescências envolvidas, 9 desenvolveram frutos e produziram sementes.

Visitantes e/ou polinizadores

Do ponto de vista dos agentes de polinização, as flores atraem os visitantes oferecendo-lhes pólen e néctar. Os beija-flores demonstram ser visitantes que não costumam aparecer com assiduidade e pontualidade compatível com a função de polinizadores efetivos ou legítimos. Foram registradas 7 visitas, das quais, 5 ocorreram no período da tarde. O tempo de visita por flor não ultrapassava 5 segundos. Raramente essas aves visitam a área nos dois turnos do mesmo dia. Costumam inserir o bico apenas uma vez na mesma flor, momento este em que os órgãos reprodutivos, anteras e estigma, ficam livres, em contato com a região frontal da cabeça do beija-flor. Essas aves visitam também outras flores de diferentes plantas. As flores por eles visitadas não formaram frutos.

De acordo com Baker *et al.* (1998) as flores que apresentam pétalas vermelhas estão associadas com a polinização feita por pássaros, como o beija-flor, devido ao fato da maioria dos insetos não enxergarem o

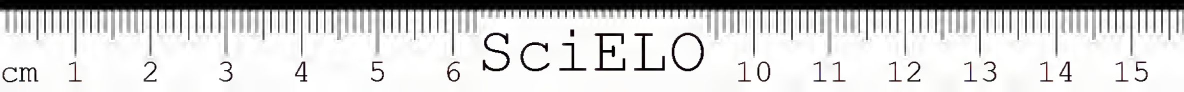
cm 1 2 3 4 5 6 SciELO 10 11 12 13 14 15

vermelho vivo e forte. Estas flores vermelhas formam nichos ecológicos desocupados e atrativos para os pássaros que não são capazes de visualizar a cor vermelha.

Trigona fulviventris (Guerin 1834), Hymenoptera, Apidae, espécie de abelha que visita as flores de *Q. amara* L. é exclusivamente pilhadora de néctar, pois retira o néctar sem polinizar as flores (visita "ilegítima"). Estava sempre presente na área, sendo mais freqüente a partir das 10 horas, horário em que aumenta a produção e a concentração de açúcar no néctar. Essas abelhas caracterizam-se por perfurarem a base das pétalas com suas peças bucais, formando orifícios para roubar o néctar. São capazes de perfurar os sacos de plástico menos resistentes que protegem as flores nos experimentos. As abelhas costumam visitar as flores desde a antese até o término da produção de néctar. Janzen (1983) relata que esta espécie é freqüente nas florestas tropicais úmidas do México (Península de Yucatan), Costa Rica e Brasil. Seu tamanho varia de 5-6,5 mm e sua coloração característica é negra, com faixas cor de laranja no abdômen. Vive em colônias e pode fazer ninhos subterrâneos na base das árvores. Prefere as plantas ricas em substâncias químicas. O referido autor cita ainda que na Costa Rica, *T. fulviventris* é freqüentemente encontrada nas flores de *Q. amara*. Roubik (1989) comenta que a pequena *T. fulviventris* tem sido amplamente divulgada como uma praga dos pomares e se encontra exclusivamente como pilhadora de *Q. amara*.

Além das abelhas, foi verificada também uma elevada freqüência de formigas do gênero *Pheidole* sp. na área de estudo. Essas se caracterizam pelo comportamento agressivo e territorialidade na disputa pelo néctar com as abelhas.

Nenhum outro tipo de visitante ou polinizador foi detectado na área, no horário em que foram feitas as observações no decorrer deste estudo.



CONCLUSÕES

Quassia amara L. é uma espécie que apresenta grande potencial para aproveitamento econômico devido às suas propriedades medicinais e inseticidas. É típica dos bosques tropicais e mostra-se muito bem adaptada a ambientes de cultivo. É fortemente influenciada pela estação chuvosa, que altera a fisiologia de seus caracteres palinológicos, induzindo também a diminuição ou até mesmo a perda da fertilidade dos seus caracteres sexuais, o que inviabiliza qualquer estudo relacionado à reprodução.

Apresenta flores tubulosas, bissexuadas, que ofertam pólen e néctar como recompensa aos visitantes. Acredita-se que a corola tubulosa seja uma adaptação da planta para evitar a evaporação do néctar, o qual é produzido continuamente até o término do ciclo de vida da flor. A concentração de açúcar aumenta à medida em que o néctar é produzido e acumulado na base das pétalas.

O amadurecimento do gineceu antes do androceu caracteriza um estado de protoginia na flor. A protoginia é considerada um tipo de dicogamia, e estabelece uma nítida separação das funções masculinas e femininas. Contudo, devido ao fato de haver um sincronismo entre o período mais receptivo do androceu, com produção, liberação e viabilidade do pólen, e do gineceu, com receptividade do estigma, pode-se inferir que estas funções não estão precisamente separadas em *Q. amara*. Neste caso, não há separação temporal das funções sexuais, e a dicogamia deve ser analisada como um fator de garantia na fertilização.

Apesar das flores de *Q. amara* possuírem osmóforos, estes aparentemente são pouco ativos, uma vez que a reação com o vermelho-neutro é muito fraca. Acredita-se que o reconhecimento da flor, a curta distância pelas abelhas, se faz pela visão do conjunto de anteras amarelas, e também pela atração ao néctar.

Com base no desenvolvimento de testes rápidos e eficientes é possível determinar a viabilidade das estruturas reprodutivas. A resposta enzimática aos testes é alta, revelando intensa atividade protoplasmática.

A viabilidade do pólen demonstra ser significativa até 1 dia após a antese. A fase de flor em recente antese, representa o momento ideal para avaliação das condições reprodutivas da planta. É importante esclarecer porém, que análises complementares utilizando testes germinativos são excelentes subsídios para fins comparativos.

A descrição polínica obtida confere com alguns autores e discorda de outros, principalmente com relação à presença de grãos de pólen 3(-4) colporados. De acordo com a literatura, a ocorrência de dimorfismo polínico é resultado de hibridização. Outro fator divergente refere-se ao padrão de ornamentação da exina, aqui citada como punctada, no apocolpo, e microrreticulada, no mesocolpo. Nos trabalhos anteriores já citados, os grãos de pólen são descritos como 3-colporados de superfície microestriada, simples baculada.

O alto valor da razão pólen/óvulo sugere que a espécie se apresente como xenogâmica obrigatória. Porém, os testes reprodutivos preliminares e também a característica pulverulenta dos grãos de pólen, que facilita a autopolinização, indicam que a planta é capaz de se autopolinizar. Estes indícios levam à hipótese de que, pelo fato de *Q. amara* apresentar alterações no mecanismo de polinização cruzada e que a associação das flores com o polinizador não é bem sucedida, a espécie encontra estratégias para se adaptar e se autofecundar. Mesmo que um estudo fenológico sistemático não tenha sido feito, foi possível constatar que a espécie frutifica, independente da ação de um agente polinizador.

Trigona fulviventris tem presença marcante nas flores de *Q. amara*. Por ser exclusivamente pilhadora de néctar, é considerada visitante ilegítima e não interfere na polinização.

Apesar de *Q. amara* produzir grandes quantidades de recursos e apresentar todos os atributos florais co-adaptados que assegurem a síndrome de polinização ornitófila, o beija-flor em área cultivada, não foi considerado um polinizador efetivo. As flores tubulosas, o néctar e a cor vermelha das pétalas, apesar de estabelecerem uma relação



altamente específica provavelmente foram influenciados por fatores externos, como a localização da área próximo ao tráfego de carros e pedestres e a presença de outros pássaros em plantas próximas. É provável que em área natural, o beija-flor atue como um polinizador efetivo. Desse modo, sugere-se que um estudo posterior seja desenvolvido em área de ocorrência natural e também que o cultivo de *Q. amara* seja implantado em locais isolados, longe dos fatores externos acima citados.

Se a polinização não ocorre, as flores iniciam mudanças rápidas e gradativas que envolvem redução expressiva da receptividade do estigma, da viabilidade do pólen, e da produção de néctar, colapso e abscisão da corola, até que a senescência seja completa finalizando o ciclo de vida da flor.

Dada a grande importância da utilização das plantas como alternativas reais para a geração e o aproveitamento dos recursos naturais, *Q. amara* tem gerado expectativas tanto no mercado agrícola, por ser uma alternativa ao controle de pragas, diminuindo a contaminação ambiental, como na busca de novos agentes terapêuticos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, J.M. 1989. *Plantas medicinais de uso popular*. v.6. Brasília, ABEAS/MEC/Programa Agricultura nos Trópicos, 96p.

BARROSO, G.M. 1991. *Sistemática de angiospermas do Brasil*. v. 2.Viçosa, UFV/ Imprensa Universitária.

BARTH, O.M.; MELHEM, T.S. 1988. *Glossário ilustrado de palinologia*. Campinas, UNICAMP, 75p.

BAKER, H.G. & HURD Jr., P.D. 1968. Intrafloral ecology. *Ann. Ver. Ent.*, 13:385-414.

BAKER, H.G.; BAKER, I. & HODGES, S.A. 1998. Sugar composition of nectar and fruits consumed by birds and bats in the Tropics and Subtropics. *Biotropica*, 30 (4):559-586.

BERG, M.E. van den. 1982. *Plantas Medicinais na Amazônia: contribuição ao seu conhecimento sistemático*. Belém, CNPq/Programa Trópico Úmido, 223p.



CAVALCANTE, P.B. 1979. Revisão Taxonômica do gênero *Simaba* Aubl. (Simaroubaceae) na América do Sul. *Publ. Avulsas Mus. Para. Emílio Goeldi*, Belém, (37): 1-85. Il.

CORRÊA, M.P. 1984. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas.* v.2. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional.

CRONQUIST, A. 1944. Studies in the Simaroubaceae – IV Resume of the American genera. *Brittonia*, 5:128-147.

CRONQUIST, A. 1981. *An integrated system of classification of the flowering plants*. New York, Columbia University Press.

CRUDEN, R.W. 1981. Pollen-ovule ratios, pollen size, and the ratio of stigmatic area to the pollen bearing area of the pollinator: an hypothesis. *Evolution* 35 (5):964-974.

CRUDEN, R.W. 1977. Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution* 31:32-46.

DAFNI, A. 1992. *Pollination ecology: a practical approach*. Oxford, IRL, 250p.

DAFNI, A. 1998. A rapid and simple procedure to determine stigma receptivity. *Sex Plant Reprod.*, 11:177-180.

DUQUE, J. & VASQUES, R. 1994. *Amazonian ethnobotanical dictionary.* [on line] <info@rain-tree.com> Boca Raton, CRC Press.

ENDRESS, P.K. 1994. *Diversity and evolutionary biology of tropical flowers.* New York, Cambridge Tropical Biology Series, 760 p. il.

ERDTMAN, G. 1952. *Pollen Morphology and Plant Taxonomy: angiosperms.* Stockholm, Almquist & Wiksell, 588p.

FAEGRI, R.; PIJL, L. van der.1979. *The principles of pollination ecology.* 3.ed. Oxford, Pergamon Press, 244 p.

FARIA, G.M. 1989. *Sobre as relações entre as abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e Solanum paniculatum L., S.organuloso-leprosum Dun., S. americanum Mill. E S. lycocarpum St. Hil. (Solanaceae).* Ribeirão Preto, USP/Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, 129p.

FERRACINI, V.L.; WATANABE, M.A.; FRIGHETTO, R.T.S. & SILOTO, R.C. 1990. Efeito repelente de extratos vegetais sobre a traça do tomateiro (*Serobipalpuloides absoluta*, Lepidoptera, Gelechiidae). WORKSHOP SOBRE PRODUTOS NATURAIS NO CONTROLE DE PRAGAS, DOENÇAS E PLANTAS DANINHAS, 1. *Anais*. Jaguariuna, EMBRAPA/CNPMA.

FORERO, E. & GENTRY, A. 1989. *Lista anotada de las plantas del Departamento del Chaco.* Colombia, Universidad Nacional de Colombia, p. 134-135.



FOSTER, R. 1982. The seasonal rhythm of fruitfall on Barro Colorado Island. In: LEIGH, E.; STANDLEY, R. & DONALD, W. (eds.). *The ecology of a Tropieal Forest.* Washington, Smithsonian Institution Press, 554 p. il.

GOMEZ, L.D. 1986. *Vegetación de Costa Riea.* San José, Universidad Estatal a Distancia, 230 p.

GRANDOLINI, G.; CASINOVI, C.G.; BARBETTI, P. & FARDELLA, G.A 1987. New Newquassin Derivative from *Quassia amara. Phytochemistry* 26 (11):124p.

HOEHNE, F.C. 1978. *Plantas e Substâncias Tóxicas e Medicinais.* São Paulo, USP/Departamento de Botânica, p.277-279.

JANZEN, D.H. 1983. *Costa Rica Natural History.* University of Chicago.

JOLY, A.B. 1975. *Botânica: introdução à taxonomia vegetal.* 4.ed. São Paulo, Editora Nacional, 777p.

JUÁREZ-JAIMES, V. & MARTÍNEZ-MENA, A. 1992. In: *Flora Palinologiea de Guerrero.* Simaroubaceae. n. 2. México, Facultad de Ciências/UNAM, p. 1-10.

KAGEYAMA, P.Y. 1987. Conservação "in situ"de recursos genéticos de plantas. *I PEF,* 35:7-37.

KEARNS, A.C. & IONYE, D.W. 1993. *Techniques for pollination biologist.* University of Colorado Press, 456p.

KISSER, J. 1935. Bemerkuengen zum einschluss in glicerin-gelatine. [S.l.] Z. *Wiss. Mikr:* 1-51p.

LAMEIRA, O.A. & PINTO, J.E.B.P. 1995. Indução de calos em quina (*Quassia amara* L.) e erva baleeira. CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 5. *Anais.* Lavras, UFV, 111.

LE COINTE, P. 1947. *Amazônia Brasileira III:* árvores e plantas úteis (indígenas e aclimatadas). 2.ed. São Paulo, Ed. Nacional, 506p. il.

MATTA, A.A. 1913. *Flora Médica Braziliense.* Manaus, Imprensa Oficial/Secção de Obras Raras, p. 226-228.

MÜLLER, I. 1947. *Die pollenanalytishe nachweis der menschlichen besiedlung im federsee-und bodenseegebiet,* 35p.

POSTEK, M.P. 1980. *Scanning electron microscopy: a student handbook.* Ladd Research Industries. Inc., 305 p.

POVEDA, L.J. 1995. Taxonomía de *Quassia amara* y distribuición en el neotrópico. In: OCAMPO, R. (ed.). *Potencial de Quassia amara como insetieida natural. Actas.* Turrialba, CATIE, 220p. il.



PRAGLOWSKY, J. & PUNT, W. 1973. An elucidation of the microreticulate structure of the exine. *Grana*, 13(4):45-50.

RAMIREZ, N.G.C.; HOCHE, O ; SERES, A & BRITO, Y. 1990. Biologia floral de una comunidad arbustiva tropical en la guayana venezoelana. *Ann. Mo. Bot. Gdn.*, 77 (2):383-397.

RICHARDS, A. J. 1997. *Plant breeding systems*. 2. ed. University of Newcastle upon Tyne/Department of Agricultural and Environmental, 970p.

ROCHA NETO, O.G.; LAMEIRA, O.A.; VIEGAS, I.J.M. & CARVALHO, C.J.R. 1997. dc. *Estudos agronômicos e fisiológicos visando a propagação e domesticação da quina (Quassia amara L.)*. Relatório. Belém, EMBRAPA-CPATU/Programa de Matérias-Primas/Subprojeto 07.0.95.005.03.

ROCQUE, C. 1976. História dos municípios do estado do Pará - microrregião do Baixo Tocantins. *A Província do Pará*, Belém, Caderno Especial, p.6.

ROUBIK, D.W. 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. London, Cambridge Tropical Biology Series, 509p.

SALGADO-LABORIAU, M.L. 1973. *Contribuição à palinologia dos cerrados*. Rio de Janeiro, Academia Brasileira de Ciências, 291p.

SANTOS, L.F.C. & MAUÉS, M.M. 1998. Aspectos da biologia floral de duas espécies florestais amazônicas (*Parkia pendula* Benth. ex Walp. Leguminosae e *Simarouba amara* Aubl., Simaroubaceae). CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 49. *Anais*. Salvador, Universidade Federal da Bahia/Instituto de Biologia:348.

THOMAS, W.W. 1990. The American genera of Simaroubaceae and their distribution. *Acta Bot. Brasílica,* 4 (1):11-18.

WILLIS, J.C.A 1966. *Dictionary of flowering plants and ferns*. London, Cambridge University Press, p.121.

VALARINI, P.J.; MELO, I.S.; FRIGHETTO, R.T.S. & FERRACINI, V.L. 1991. Avaliação de extratos vegetais no controle de fitopatógenos. SEMINÁRIO SOBRE PRAGAS E DOENÇAS DO FEIJOEIRO, 4. *Anais*. Campinas, Instituto Biológico-Estação: 132.

Recebido em: 30.08.99
Aprovado em: 16.02.02

